

# ДВУХСВОДЧАТАЯ СТАНЦИЯ МЕТРОПОЛИТЕНА – ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ. КОНСТРУКТОРСКАЯ МЫСЛЬ, ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

Н. Г. Давтян

Растущий объем городских пассажирских перевозок требует создания новых, более рациональных конструкций станций метрополитена, которые являются особенно сложной и ответственной частью комплекса подземных городских сооружений. Стремление уменьшить неравномерность и напряженность пассажирских перевозок, поиски путей снижения материалоемкости и стоимости станционных сооружений, а также некоторые другие факторы определили многообразие конструктивных и планировочных решений станций метрополитенов. Предлагается новая технология и конструкция, которые по своим технико-экономическим показателям превосходят существующие и сооружаемые станции метрополитена глубокого заложения.

В настоящей статье предлагается к рассмотрению принципиально новый тип станции метрополитена глубокого заложения, а именно двухсводчатая станция с общей опорой верхних и обратных сводов (рис. 1).

В последнее время получила широкое распространение конструкция подземной односводчатой станции с опиранием сборного свода на массивные пятовые опоры и с устройством островной платформы. Наряду с определенными технологическими и эксплуатационными достоинствами односводчатая конструкция имеет и ряд недостатков, одним из которых является относительно малый коэффициент использования подземной выработки (малое отношение полезного объема станции к объему разработанного грунта). С точки зрения статической работы такой станции ее особенностями являются большие пролеты верхнего и обратного сводов. Для уменьшения изгибающих моментов в сводах они выполняются шарнирными с обжатием на породу. Расположение путей вблизи опор приводит к тому, что опоры постоянно испытывают вредное влияние вибрации от проходящих поездов. Передаваемое при этом на грунт динамичес-

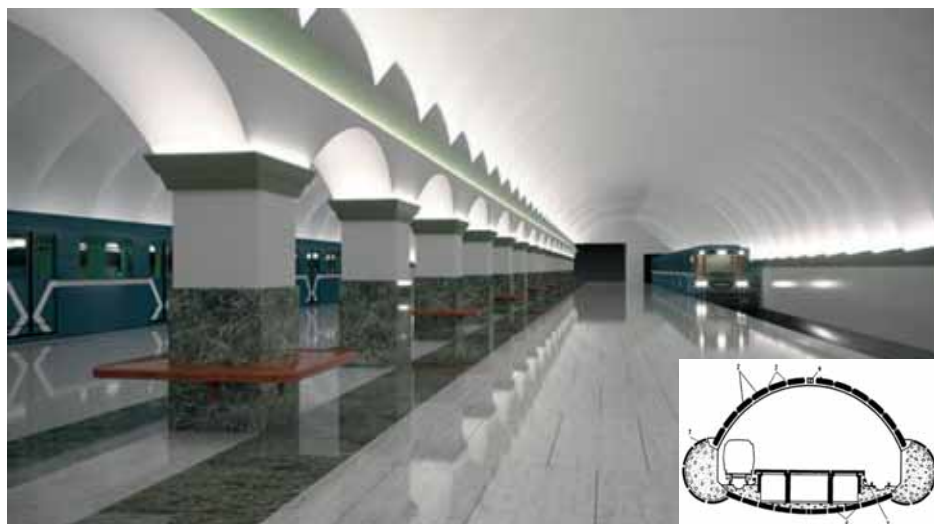


Рис. 1. Двухсводчатая станция с общей опорой верхних и обратных сводов

кое воздействие способствует росту усадок и накоплению повреждений отделки, а именно: образуются трещины на пятовых опорах и деформации на обратном своде из-за возникающих крутящих моментов на пятовые опоры (о чем свидетельствует опыт эксплуатации данного типа станций на Санкт-Петербургском метрополитене).

Двухсводчатая станция в объеме односводчатой станции метрополитена глубокого заложения имеет одинаковую ширину 25 м, ширина платформ рассматриваемой двухсводчатой станции равна 15,04 м (рис. 2), тогда как ширина платформы типовой станции – всего 11,7 м (рис. 3). В этом случае платформа увеличивается на 20 %, что спо-

Рис. 2. Основные элементы двухсводчатой станции (вариант с островной платформой): 1 – верхние своды; 2 – обратные своды; 3 – боковые опоры; 4 – опорные элементы; 5 – сборно-монолитная аркада; 6 – нижний ригель; 7 – фундамент аркады; 8 – платформа

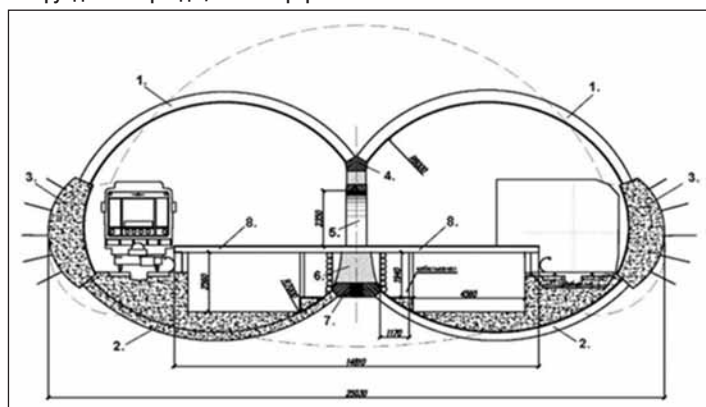
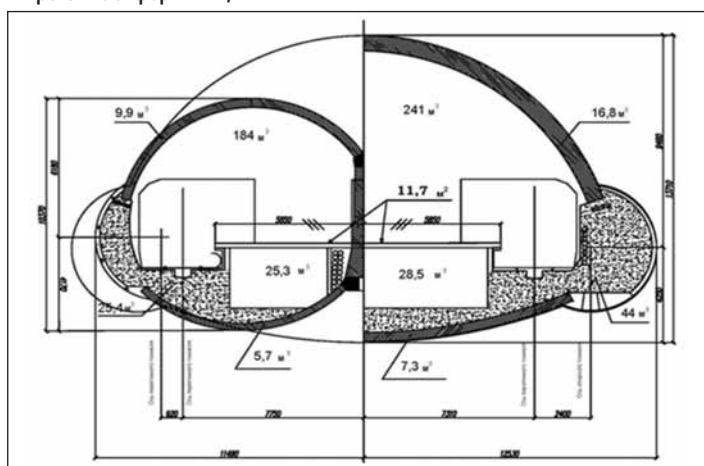


Рис. 3. Сравнение односводчатой и двухсводчатой станций, ширина пассажирской платформы 11,7 м



Сравнение физических объемов на 1 п. м  
при одинаковой ширине платформы 11,7 м одновсводчатой и двухсводчатой станций

Таблица

Наименование материалов и конструкции	Ширина пассажирской платформы 11,7 м		Экономия	
	Одновсводчатая станция	Двухсводчатая станция	Разница	%
Объем разрабатываемой породы, м <sup>3</sup>	245,0	184	61,0	24,9
Монолитный бетон, м <sup>3</sup>	44,0	25,4	18,6	42,3
Сборный железобетон, м <sup>3</sup>	30,0	24,5	5,5	18,3
Расстояние между осями опорного и перегонного тоннелей, м	2,4	1,4	1,0	42,6

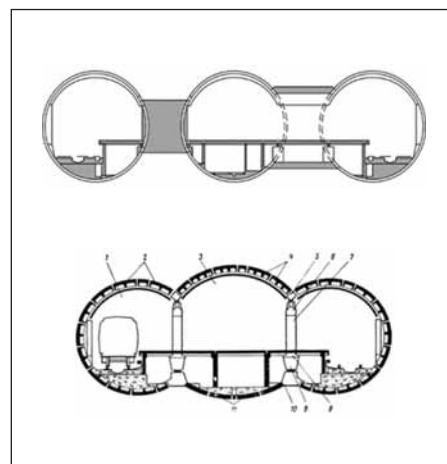


Рис. 4. Трёхсводчатая станция

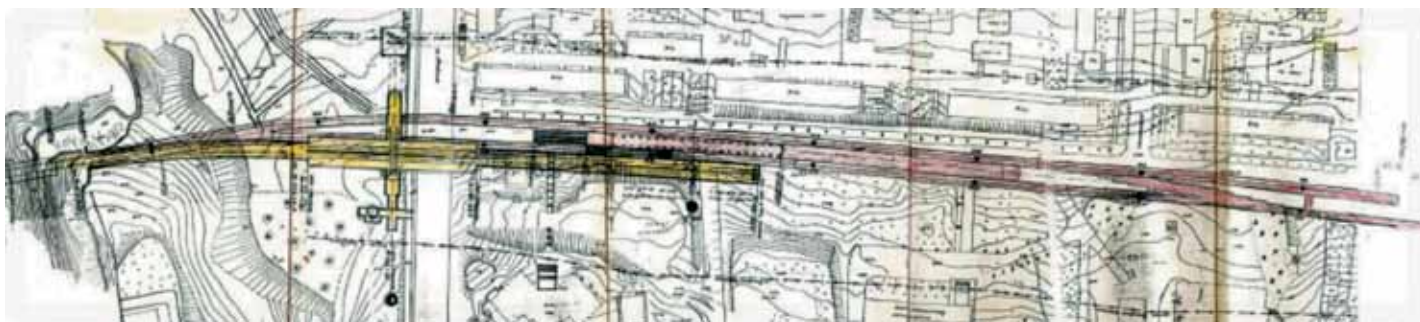


Рис. 5. Трасса пускового комплекса станции «Ачапняк» (правый берег), г. Ереван

способствует увеличению пассажиропотока и комфортности.

Из таблицы видно, что одновсводчатая станция метрополитена имеет физические объемы 1-го п. м на 30 % больше, чем предлагаемая станция.

Известны также конструкции трехсводчатых станций колонного и пилонного типа, применяемые на линиях отечественных метрополитенов. Эти станции отличаются значительным расходом материалов, трудоемкостью строительных работ и долгом сроком по сравнению с двухсводчатой станцией метрополитена (рис. 4).

В трехсводчатой станции колонного или пилонного типа опоры располагаются близко от края платформы, что создает неудобство для пассажиров во время посадки и высадки, не исключены встречные пассажиропотоки.

В 1998 г. проект двухсводчатой станции участвовал на тендере Ереванского метрополитена при проектировании (ТЭО) станции метро и перегонного тоннеля в районе правобережной линии «Ачапняк» в г. Ереване (рис. 5). На конкурс всего было представлено четыре проекта. Задачей государственной комиссии было определить лучший проект из предлагаемых вариантов, и после изучения выбрали мой проект двухсводчатой станции метрополитена.

Пояснения: 1 (выделено красным цветом) – трёхсводчатая станция колонного типа, островная платформа L-105 м, проходка горным способом, перегонные тоннели однопутные. Длина строительного комплекса составляет 887,8 м; 2 (выделено желтым цветом) – двухсводчатая станция, боковая платформа L-105 м, проходка горным способом, перегонные тоннели предусмотрены одно-

путные, а камера съезда – двухпутный тоннель. Длина строительного комплекса составляет 402,5 м.

Конкретно на примере видно, что принятие инженерной мысли и технологии дало колоссальный результат в экономии более 50 %: подземного сооружения, строительных материалов, машин и механизмов, трудозатрат, также сокращены сроки строительства.

Благодаря принятой новой конструкции двухсводчатой станции опорные колонны находятся в центре станции, и своды одинакового радиуса сопрягаются на ригелях. В этом случае нагрузка горного давления через свод передается на боковые стены (опоры) и общую несущую опору равномерно с двух сторон.

Конструкция станции позволяет в зависимости от задач установить платформы: островные (см. рис. 2), боковые (рис. 6) и смешанные: две боковых и одна островная (рис. 7).

Рис. 6. Вариант с боковыми платформами

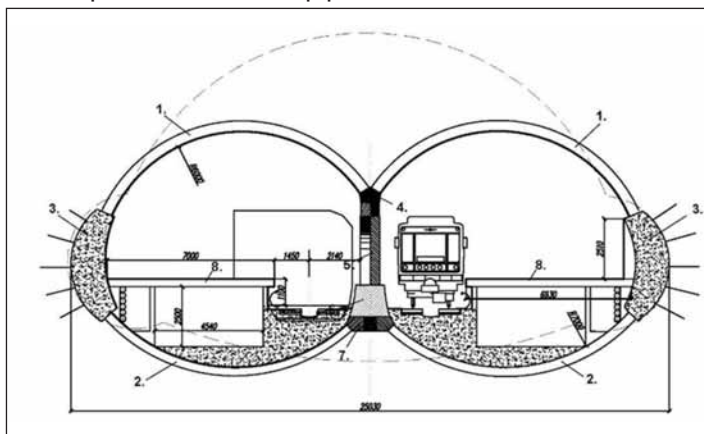
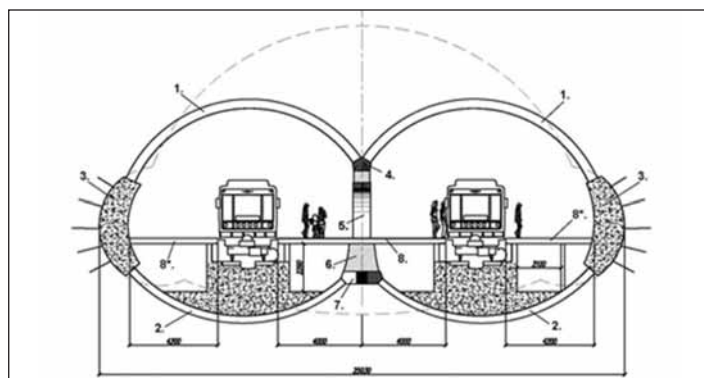


Рис. 7. Вариант с двумя боковыми платформами и одной островной. Двухсводчатая станция в объеме одновсводчатой станции метрополитена глубокого заложения



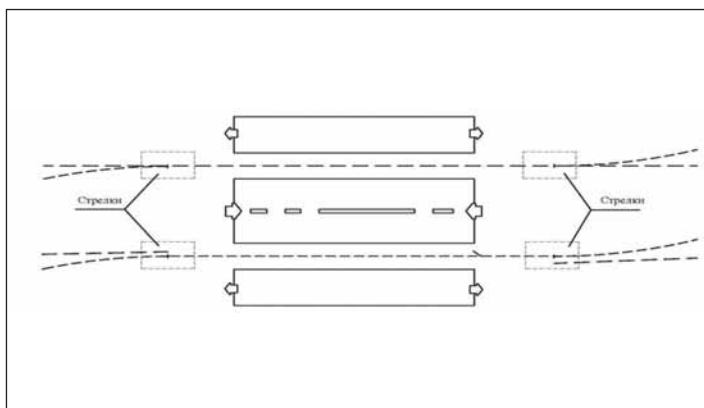


Рис. 8. Схема пересадочной станции метрополитена

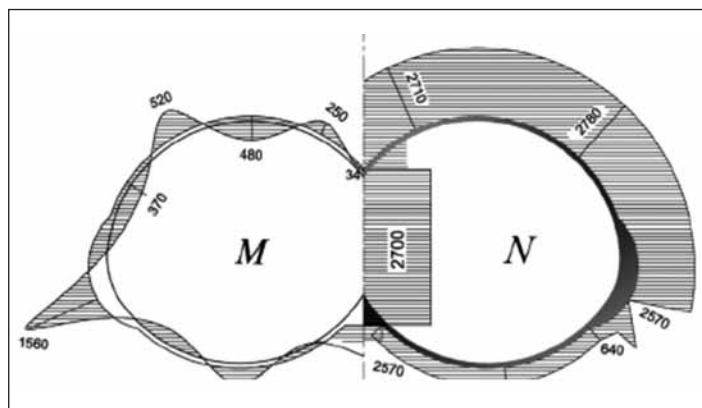


Рис. 9. Эпюры изгибающих моментов и нормальных сил в сечениях обделки

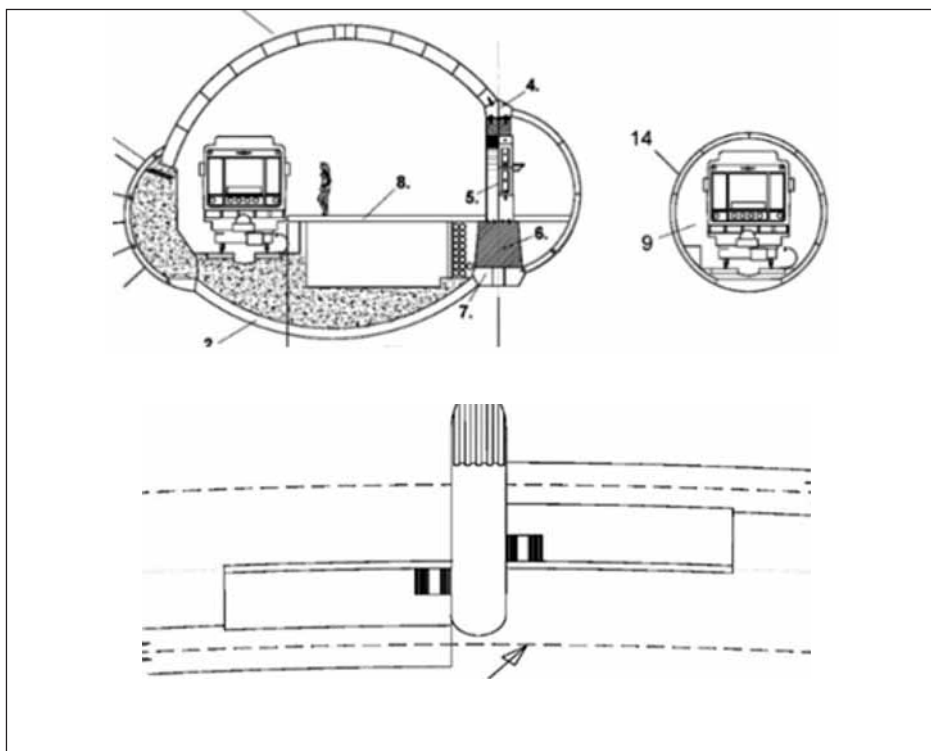


Рис. 10. Станция глубокого заложения на криволинейных путях

Этот вариант (с боковыми платформами) становится очень удобным и экономичным, когда применяешь его на конечной станции метрополитена, и когда перегонный тоннель построен как двухпутный.

Для станции с двумя боковыми платформами и одной островной (см. рис. 7) конструкция позволяет соорудить трёхплатформенную станцию, которая исключает встречные пассажиропотоки (вход/выход) и обеспечивает увеличение комфортности для пассажиров. Кроме того, увеличивается частота курсирования поездов, так как на вход и выход пассажиров требуется меньше времени. В этом варианте совокупная ширина платформ составит 16,4 м.

Данный вариант можно применять в качестве пересадочной (узловой) станции в метрополитенах (рис. 8), где на двух линиях частота движения поездов не превышает 40 пар поездов в час. В этом случае экономичным целый станционный комплекс.

Наличие трех фундаментов – пятовые опоры и фундамент опорной аркады по-

зволяет более эффективно (равномерно и на большую площадь) распределять горное давление. Система внутренних, несущих конструкций представлена сборной – монолитной аркадой, которую можно монтировать из тубинговой обделки диаметром 5,1 м. При этом наличие двух отдельных станционных тоннелей, эксплуатирующихся самостоятельно, позволяет среднюю опору выполнять сплошной несущей стеной с оставлением местами арок – проемов.

Для проверки прочности и надежности конструкции станции в ПГУПС (Санкт-Петербург) в условиях галечно-гравелистого грунта был выполнен расчет на ЭВМ СМ-1420 по стандартной программе РК-6. Программа реализует метод перемещений для расчетной схемы обделки кусочно-линейного очертания с односторонне работающими упругими связями в местах перелома профиля.

Учитывалась нагрузка от галечно-гравелистого грунта с коэффициентом крепости

$f = 1,5$ . При заложении станции на глубине 15 м (от верха свода до дневной поверхности) интенсивность расчетной вертикальной нагрузки на обделку составила 430 кПа. Коэффициент упругого отпора породы принят равным 15 кПа.

На рис. 9 представлены полученные в результате расчета эпюры изгибающих моментов и нормальных сил в сечениях обделки. Максимальный момент в своде равен 520 кН/м, что при нормальной сжимающей силе 2700 кН/м позволяет принять толщину свода равной всего 40 см при весьма умеренном (в сравнении с аналогичной односводчатой станцией, которая применяется в Санкт-Петербургском метрополитене в грунтах крепостью породы  $f = 3$ , кембрийские глины, толщина свода которой 70 см и более) армировании: четыре стержня диаметром 25 мм из стали класса А3 на 1 п. м тоннеля. В обратном своде изгибающие моменты практически отсутствуют (этот свод армируется конструктивно).

Максимальная усадка (под пятовой опорой) составила 1 см, а опускание шельги верхнего свода 0,8 см, что существенно меньше, чем в односводчатой конструкции.

Применение двухсводчатой станции метрополитена даёт возможность построить станцию глубокого заложения на криволинейных путях (рис. 10). Также мы можем применять удлиненный вид станции, который позволяет равномерно распределить горное давление и пагубное влияние осадки городских построек, охраняемых ГИОП.

Применение двухсводчатой станции позволяет оптимизировать пассажиропоток, обеспечить долгосрочную и безопасную эксплуатацию на участках метрополитена, подходит для размещения на множестве подземных участков вне зависимости от внешних условий, имеет удобную конструкцию, а также обладает такими свойствами, как компактность и многофункциональность, что в целом позволяет значительно сократить затраты на реализацию данного проекта.

#### Для связи с автором

Давтян Никол Григорьевич  
nikol-davtyan@yandex.ru

